



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013127976/28, 18.06.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
18.06.2013

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 18.06.2013

(45) Опубликовано: 10.12.2014 Бюл. № 34

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: А.Ф.Зацепин и др. Низкотемпературная фотолюминесценция имплантированных пленок и стекол SiO₂: Sn+. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. N8, август 2012, стр. 44-49. Kuiri P.K. et al. Formation and growth of SnO₂ nanoparticles in silica glass by Sn implantation and annealing. Journal of applied physics, 102, 024315, 2007. RU 2011146759 A, 27.05.2013. JP 62130511 A, 12.06.1987.

Адрес для переписки:

620002, г.Екатеринбург, К-2, ул. Мира, 19, УрФУ,
Центр интеллектуальной собственности

(72) Автор(ы):

Зацепин Анатолий Федорович (RU),
Бунтов Евгений Александрович (RU),
Кортов Всеволод Семенович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уральский
федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) ИМПЛАНТИРОВАННАЯ ИОНАМИ ОЛОВА ПЛЕНКА ОКСИДА КРЕМНИЯ НА КРЕМНИЕВОЙ ПОДЛОЖКЕ

(57) Реферат:

Изобретение относится к материаловедению. Пленка оксида кремния на кремниевой подложке, имплантированная ионами олова, включает нанокластеры альфа-олова. Толщина пленки составляет 80÷350 нм, средняя концентрация олова находится в пределах от 2,16 до 7,1

атомных процентов, нанокластеры альфа-олова имеют радиус от 1,5 до 4 нм. Пленка имеет увеличенную интенсивность и уменьшенную ширину полосы фотолюминесценции в диапазоне 700÷1100 нм. 2 ил., 1 табл., 5 пр.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 535 244** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

H01L 21/265 (2006.01)

B82B 3/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2013127976/28, 18.06.2013**

(24) Effective date for property rights:
18.06.2013

Priority:

(22) Date of filing: **18.06.2013**

(45) Date of publication: **10.12.2014** Bull. № 34

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, K-2, ul. Mira, 19, UrFU,
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti**

(72) Inventor(s):

**Zatsepin Anatolij Fedorovich (RU),
Buntov Evgenij Aleksandrovich (RU),
Kortov Vsevolod Semenovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovanija "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) **TIN ION-IMPLANTED SILICON OXIDE FILM ON SILICON SUBSTRATE**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: tin ion-implanted silicon oxide film on a silicon substrate includes alpha-tin nanoclusters. The film has thickness of 80-350 nm, average tin concentration in the range of 2.16 to 7.1 at % and the

alpha-tin nanoclusters have a radius of 1.5 to 4 nm.

EFFECT: film has higher intensity and a short photoluminescence bandwidth.

2 dwg, 1 tbl, 5 ex

R U 2 5 3 5 2 4 4 C 1

R U 2 5 3 5 2 4 4 C 1

Изобретение относится к материаловедению, к пленкам оксида кремния на кремниевой подложке, имплантированным ионами олова, и предназначено для разработки функциональных элементов нано- и микроэлектроники, оптоэлектроники и нанофотоники. Такие функциональные элементы могут быть использованы при
 5 создании приборов и устройств для записи, отображения и преобразования информации, например, в качестве фотосенсоров сигнальных устройств в информационных системах, в качестве элементов волоконной техники и интегральной оптики, а именно, микроминиатюрных источников света и преобразователей коротковолнового излучения в длинноволновое излучение.

10 Наиболее близкой к предлагаемой пленке является имплантированная ионами олова пленка оксида кремния на кремниевой подложке, имеющая толщину 500 нм и содержащая нанокластеры альфа-олова со средним радиусом не более 5 нм [Поверхность, рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2012, №8, с.44-49].

15 Недостатком материала-прототипа является пониженная интенсивность фотолюминесценции и уширенная полоса спектра фотолюминесценции в диапазоне 700÷1100 нм.

Задачей изобретения является увеличение интенсивности фотолюминесценции в диапазоне 700÷1100 нм и уменьшение ширины полосы спектра фотолюминесценции в
 20 этом диапазоне.

Для достижения указанной задачи имплантированная ионами олова пленка оксида кремния на кремниевой подложке, включающая нанокластеры альфа-олова, отличается тем, что толщина пленки находится в пределах 80÷350 нм, средняя концентрация олова находится в пределах от 2,16 до 7,1 атомных процентов, нанокластеры альфа-олова
 25 имеют радиус от 1,5 до 4 нм.

Техническим результатом при использовании предложенной пленки как наноструктурированного материала является увеличение интенсивности фотолюминесценции в полосе свечения 700÷1100 нм (1,13÷1,77 эВ) в четыре раза и сужение ширины полосы фотолюминесценции в 1,24÷1,45 раза. Это обеспечивается
 30 наличием в предложенной пленке указанной выше совокупности параметров: толщины пленки, средней концентрации в ней олова и размеров нанокластеров альфа-олова. При этом нанокластеры альфа-олова с радиусом от 1,5 до 4 нм проявляют свойства квантовых точек с эффектами квантового ограничения, обуславливающими вариативность и достижение требуемых электронно-оптических свойств
 35 наноструктурированного материала.

При выходе вышеуказанных параметров предложенного материала (толщина пленки, средняя концентрация олова и средний радиус нанокластеров альфа-олова) за пределы, указанные в формуле изобретения, не обеспечиваются увеличение интенсивности фотолюминесценции и сужение ширины полосы фотолюминесценции в диапазоне
 40 700÷1100 нм. Это обусловлено следующими причинами.

Если размеры нанокластеров альфа-олова менее 1,5 нм, происходит деградация структуры материала и ухудшение люминесцентных свойств предложенного материала вследствие увеличения количества структурных дефектов, являющихся центрами тушения люминесценции. Снижается интенсивность фотолюминесценции, расширяется ее полоса.

45 При размерах нанокластеров альфа-олова более 4 нм полоса свечения сдвигается в низкоэнергетическую область, уменьшается интенсивность свечения, расширяется полоса фотолюминесценции. Кроме того, усложняется технология получения предложенного материала, требуется использование ионного источника с повышенной

энергией и увеличение времени имплантации, что экономически нецелесообразно.

Если средняя концентрация олова меньше 2,16 атомных процентов, снижается интенсивность фотолюминесценции, требуется более длительная термообработка для получения кластеров размерами 1,5÷4 нм.

5 При средней концентрации олова более 8 атомных процентов начинают проявляться эффекты концентрационного тушения и увеличиваются размеры нанокластеров.

Если толщина пленки меньше 80 нм, не достигается достаточная степень воспроизводимости технического результата получаемой пленки оксида кремния вследствие повышенного влияния свойств кремниевой подложки на свойства пленки, 10 нарушений структуры границы пленка-подложка, излишнего повышения плотности радиационных дефектов пленки (Е'-центры, ODC-центры, центры на немоستيновых атомах кислорода и др.). При этом не обеспечивается получение требуемых размеров нанокластеров альфа-олова и повышенной интенсивности свечения.

При толщине пленки, большей чем 350 нм, увеличивается длительность 15 технологического процесса ионной имплантации, что приводит к увеличению размеров наночастиц альфа-олова, растет количество радиационных дефектов в структуре пленки. В результате происходит частичное тушение фотолюминесценции, расширение полосы фотолюминесценции и сдвиг ее в длинноволновую область. Расширение полосы фотолюминесценции обуславливает уменьшение интенсивности в диапазоне длин волн 20 700÷1100 нм.

На фигурах 1 и 2 представлены параметры предложенного материала.

Фиг.1 - распределение величины концентрации олова (вертикальная ось, атомные проценты - ат.%) по толщине пленки предложенного материала (горизонтальная ось, нм) при толщине пленки 250 нм и средней концентрации олова 2,3 ат.%. 25

Фиг.2 - спектр свечения предложенного материала (вертикальная ось - интенсивность фотолюминесценции, отн.ед., горизонтальная ось - длины волн излучения, нм) при толщине пленки 250 нм и средней концентрации олова 2,3 ат.%. 30

Приведенный на фиг.2 спектр фотолюминесценции в пределах 700÷1100 нм получен возбуждением в диапазоне 77,5÷335 нм (3,7÷16 эВ), в частности, лазером типа DTL-394QT или DTL-389QT (Россия, «Лазер-компакт») с длиной волны 263 нм [<http://www.laser-compact.ru>]. Регистрация проведена при помощи монохроматора ARC Spectra Pro-308i (0,3 м) и фотоумножителя R6358P (Hamamatsu).

Предложенная имплантированная ионами олова пленка оксида кремния на кремниевой подложке, содержащая нанокластеры альфа-олова, получена из готового 35 материала, представляющего собой пленку SiO₂ толщиной 80÷350 нм, термически выращенную на кремниевой подложке и обработанную следующим способом:

- пленка SiO₂ облучена ионами олова Sn⁺ в непрерывном режиме при энергии ионов от 80 до 350 кэВ и флюенсе $(5,0 \pm 0,5) \times 10^{16}$ ион/см⁻²;
- 40 - после имплантации ионов пленка отожжена при температуре 850÷950°C в течение 30÷45 минут в атмосфере сухого азота.

Имплантация ионов олова в полученную пленку SiO₂ осуществлялась с помощью ионного источника, работающего в непрерывном режиме при вакууме $(1,4 \div 2,5) \times 10^{-4}$ Торр. В качестве катода ионного источника использовалось гранулированное олово 45 чистотой 99,6%, в качестве анода - образцы пленки оксида кремния на кремниевой подложке, промытые спиртом в ультразвуковой ванне. Отжиг производился в электропечи сопротивления (типа НТ 40/16).

Полученные образцы предложенного материала - имплантированной ионами олова

пленки оксида кремния на кремниевой подложке - представляют собой

плоскопараллельные пластины площадью 1 см^2 , толщиной 3 мм, с поверхностью оптического качества. Поверхностный слой каждого образца включает нанокластеры альфа-олова, подложка образца представляет монокристалл кремния с ориентацией (100).

В таблице приведены примеры получения предложенного материала (образцы №№2÷4), а также примеры получения двух других материалов (образцы №№1 и 5), состав и структура которых не соответствуют составу и структуре предложенного материала.

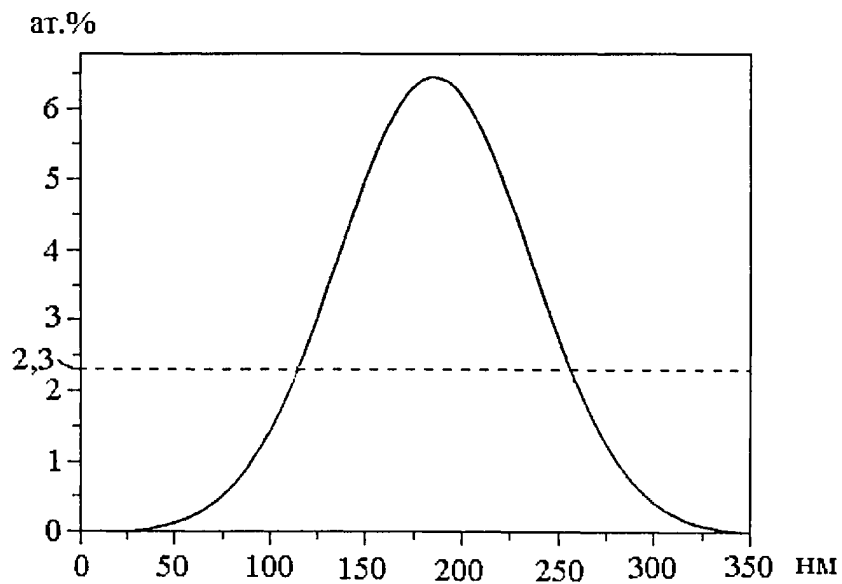
Спектр фотолюминесценции образца №3 предложенного материала приведен на фигуре 2. Спектры свечения остальных образцов по форме соответствуют спектру образца №2, отличаясь интенсивностями излучения и шириной полосы, указанными в таблице.

Таблица					
№ п/п	Толщина пленки оксида кремния(нм)	Энергия ионов, флюенс (кэВ; ион/см ⁻²)	Температура и время отжига (°С; мин)	Средняя концентрация олова и размеры нанокластеров альфа-олова (ат.%; нм)	Интенсивность излучения на длине волны 870 нм, ширина полосы спектра на уровне 0,5 (отн.ед.; нм)
1	70	65	750	10.7	15630
		5×10^{16}	30	1	130
2	120	110	850	7.1	45450
		5×10^{16}	80	2	172
3	250	240	910	3	87650
		5×10^{16}	120	2,6	185
4	350	300	950	2,2	56110
		5×10^{16}	160	3,9	201
5	380	340	1100	2	18920
		5×10^{16}	90	5	250

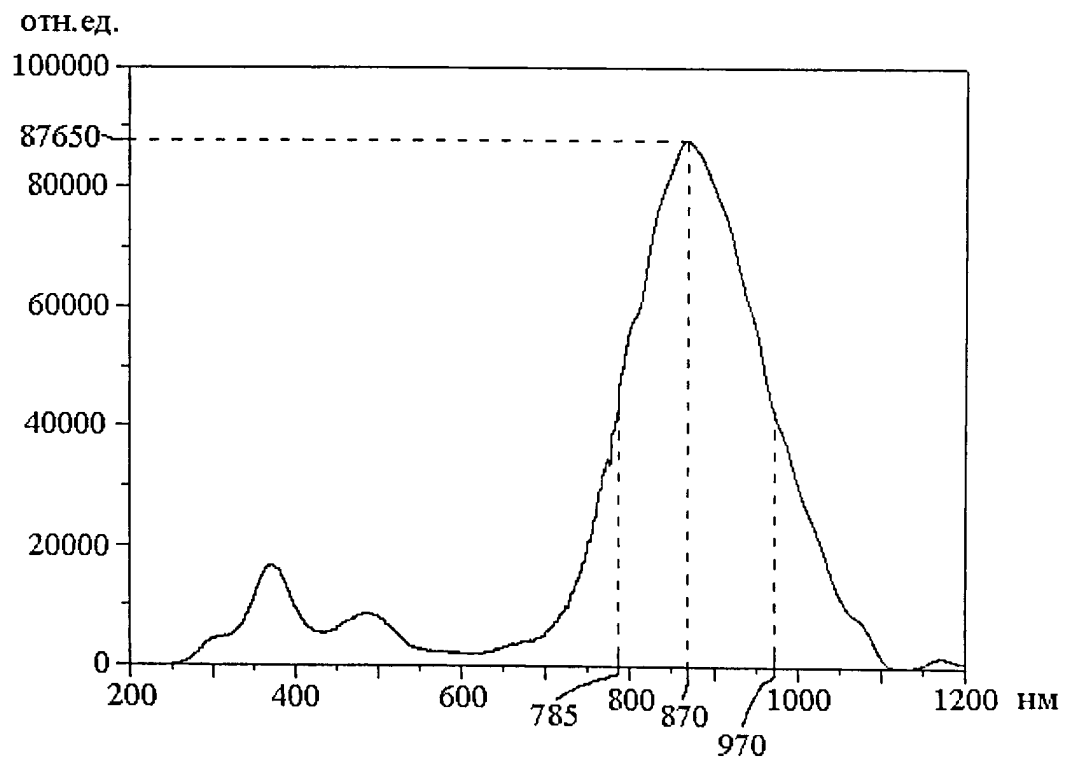
Максимумы интенсивности фотолюминесценции образцов №№2÷4 предложенного материала на длине волны 870 нм находятся в пределах 45450-87650 отн.ед. Максимумы интенсивности фотолюминесценции образцов №№1 и 5 материалов, параметры которых выходят за пределы предложенного материала, равны соответственно 15630 и 18920 отн.ед., что примерно в четыре раза ниже интенсивности свечения предложенного материала. Ширина полосы спектра на уровне 0,5 образцов №№2÷4 предложенного материала находится в пределах 172÷185 отн.ед. Ширина полосы спектра образца №5 материала, параметры которого выходят за пределы предложенного материала, равна 250 отн.ед., то есть ширина полосы спектра свечения предложенного материала в 1,24÷1,45 раза меньше ширины полосы спектра материала по прототипу.

Формула изобретения

Имплантированная ионами олова пленка оксида кремния на кремниевой подложке, включающая нанокластеры альфа-олова, отличающаяся тем, что толщина пленки составляет 80÷350 нм, средняя концентрация олова находится в пределах от 2,16 до 7,1 атомных процентов, нанокластеры альфа-олова имеют радиус от 1,5 до 4 нм.



Фиг.1



Фиг.2